

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/FR05/000646

International filing date: 16 March 2005 (16.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: FR
Number: 0402804
Filing date: 18 March 2004 (18.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 27 May 2005 (27.05.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le **18 FEV. 2005**

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint-Petersbourg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr





26 bis, rue de Saint Pétersbourg - 75800 Paris Cedex 08

Pour vous informer : INPI DIRECT

08 25 83 85 87

0,15 € TTC/mn

Télécopie : 33 (0)1 53 04 52 65

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354*04

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

page 1/2



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 @ W / 030103

| | | | |
|---|----------------------|---|--|
| REMISE DES PIÈCES DATE 18 MARS 2004 LIEU INPI PARIS F N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI 18 MARS 2004 | | <input checked="" type="checkbox"/> NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE ROVE Conseils 47, rue de Paris BP 50229 F - 57 106 Thionville Cedex | |
| Vos références pour ce dossier (facultatif) IU 04-02 | | | |
| Confirmation d'un dépôt par télécopie | | <input checked="" type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie 04 02 804 | |
| 2 NATURE DE LA DEMANDE | | Cochez l'une des 4 cases suivantes | |
| Demande de brevet | | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| Demande de certificat d'utilité | | <input type="checkbox"/> | |
| Demande divisionnaire | | <input type="checkbox"/> | |
| <i>Demande de brevet initiale</i> N° _____ Date _____ | | | |
| <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i> N° _____ Date _____ | | | |
| Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i> N° _____ Date _____ | | | |
| 3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) <p align="center">Pièce mécanique de taille moyenne ou petite issue de la forge ou de la frappe.</p> | | | |
| 4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE | | Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite» | |
| 5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases) | | <input checked="" type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique | |
| Nom ou dénomination sociale | | ISPAT-UNIMETAL | |
| Prénoms | | | |
| Forme juridique | | Société anonyme | |
| N° SIREN | | 4 1 0 4 3 5 9 1 1 | |
| Code APE-NAF | | 2 7 1 Z | |
| Domicile ou siège | Rue | Site industriel de Gandrange | |
| | Code postal et ville | 5 7 1 7 5 GANDRANGE | |
| | Pays | FRANCE | |
| Nationalité | | Française | |
| N° de téléphone (facultatif) | | N° de télécopie (facultatif) | |
| Adresse électronique (facultatif) | | | |
| <input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite» | | | |

Remplir impérativement la 2^{ème} page



BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE
page 2/2

BR2

REMISE DES PIÈCES
DATE
LIEU
N° D'ENREGISTREMENT
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

13 MARS 2004
INPI PARIS F
0402804

DB 540 W / 191203

| | | |
|---|----------------------|--|
| 6 MANDATAIRE (s'il y a lieu) | | |
| Nom | VENTAVOLI | |
| Prénom | Roger | |
| Cabinet ou Société | ROVE Conseils | |
| Nationalité | Française | |
| N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel | | |
| Adresse | Rue | 47, rue de Paris BP 50 229 |
| | Code postal et ville | 57 110 16 THIONVILLE |
| | Pays | FRANCE |
| N° de téléphone (facultatif) | 03 82 53 42 42 | |
| N° de télécopie (facultatif) | 03 82 53 79 13 | |
| Adresse électronique (facultatif) | cabcons@rove.fr | |
| 7 INVENTEUR (S) | | Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques |
| Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes | | <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s) |
| 8 RAPPORT DE RECHERCHE | | Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation) |
| Établissement immédiat ou établissement différé | | <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Choix à faire obligatoirement au dépôt (cf. Notice explicative Rubrique 8) |
| 9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES | | Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG |
| 10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS | | <input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences |
| Le support électronique de données est joint | | <input type="checkbox"/> |
| La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe | | <input type="checkbox"/> |
| Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes | | |
| 11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Roger VENTAVOLI Cpl n°97-0305 | | VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI ROVE Conseils 47, rue de Paris - B.P. 50229 F - 57 116 THIONVILLE CEDEX Tél. 03 82 53 42 42 - Fax 03 82 53 79 13 E-mail : rove@wanadoo.fr |

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

Pièce mécanique de taille moyenne ou petite issue de la forge ou de la frappe

L'invention concerne les pièces mécaniques de taille moyenne ou petite en acier
5 moyen carbone micro-allié, telles que des moyeux de roue, des biellés ou des rotules pour automobile, ou autres pièces mécaniques analogues obtenues par déformation plastique à chaud ou à froid d'un demi-produit sidérurgique long. Par taille moyenne ou petite, on entend des pièces dont le diamètre n'excède pas 80 mm environ.

Pour réaliser de telles pièces, il est connu de faire appel à des aciers spécialement
10 alliés pour obtenir une structure métallographique de type bainitique ou essentiellement bainitique (au moins 50 % en volume de la structure souhaitée). Leur fabrication requiert en effet de pouvoir supporter sans rupture ou fissuration des modifications de forme importantes tout en présentant au final de hautes caractéristiques mécaniques. Par ailleurs, ces aciers doivent présenter de bonnes caractéristiques d'usinabilité afin de permettre la mise aux côtes
15 finales par usinage exigée par nombre d'applications.

Classiquement, le processus de fabrication peut comprendre une opération de déformation plastique à froid (frappe ou forge), ou à chaud (forge), le choix de la voie chaude ou froide se faisant souvent en fonction de la taille finale des pièces visée. Dans tous les cas, cette opération se fera sur des lopins d'acier découpés dans des barres issues de demi-produits
20 sidérurgiques longs laminés à chaud. Lorsque la déformation plastique se fait à chaud, les lopins d'acier sont préalablement réchauffés jusqu'à une température de 1000 à 1200 °C, puis mis en forme à chaud à la forge. Les pièces obtenues sont ensuite refroidies et traitées thermiquement par trempe et revenu. Lorsque la déformation plastique se fait à froid, les lopins sont mis en forme à froid à la presse, éventuellement après avoir subi un recuit de
25 globulisation. Les pièces obtenues sont ensuite traitées thermiquement par trempe et revenu.

En service, ces pièces mécaniques sont soumises à des variations d'effort régulières, voire cycliques qui génèrent un travail en fatigue. La fatigue de l'acier se traduit par l'apparition de microfissures qui se propagent jusqu'à rupture même si la contrainte est plus faible que la résistance à la traction ou à la limite d'élasticité du métal qui compose la pièce.
30 On estime aujourd'hui que la fatigue est responsable de près de 90 % des ruptures en service de pièces dues à des causes mécaniques. De même, les chocs que peut subir une pièce mécanique en service provoquent l'apparition de microfissures qui peuvent amener la pièce à se rompre.

Or, la structure bainitique de l'acier se présente sous forme de lattes parallèles entre elles qui offrent par conséquent peu d'obstacles à la propagation des microfissures. Cette structure, bien que recherchée pour ses bonnes propriétés de résistance et de ductilité, ne présente donc pas nécessairement une tenue à la fatigue et une ténacité satisfaisantes.

5 Il est connu, par le document EP 0 787 812, d'améliorer la tenue en fatigue de pièces forgées grâce à la présence d'austénite résiduelle obtenue au moyen d'un refroidissement contrôlé adéquat associé au choix d'une nuance d'acier dont la composition a été spécialement enrichie en silicium.

10 Le but de l'invention est d'apporter une autre solution à l'amélioration de la tenue de fatigue des pièces mécaniques forgées ou frappées qui conserve leurs caractéristiques mécaniques élevées, de résistance et de ductilité par exemple.

15 A cet effet, l'invention a pour objet une pièce mécanique en acier issue de la forge à chaud ou de la frappe à froid, de taille moyenne ou petite, et venant de la transformation plastique d'un demi-produit sidérurgique long, caractérisée en ce que sa microstructure métallographique est essentiellement composée de ferrite aciculaire.

Par essentiellement, on entend au moins 50 % et de préférence 60 %, voire même avantageusement 80 % et plus de ferrite aciculaire en volume.

L'invention a également pour objet une pièce mécanique en acier telle que définie ci-avant caractérisée en ce que :

20 - la composition dudit acier, outre le fer et les inévitables impuretés résiduelles résultant de l'élaboration de l'acier, répond au moins à l'analyse suivante, donnée en pourcentages pondéraux par rapport au fer :

$$0,1 \% \leq C \leq 0,5 \%$$

$$0,5 \% \leq Mn \leq 2,0 \%$$

25 $0,05 \% \leq V \leq 0,5 \%$

$$0,6 \% \leq Si \leq 1,5 \%$$

$$0,05 \% \leq Cr \leq 1,0 \%$$

$$0,01 \% \leq Mo \leq 0,5 \%$$

et éventuellement jusqu'à 50 ppm de bore

30 - ladite pièce de taille moyenne ou petite est obtenue à partir d'un demi produit long issu de la coulée continue et laminé à chaud dans le domaine austénitique puis mis en forme par déformation plastique et traité thermiquement pour obtenir une structure métallographique contenant essentiellement de la ferrite aciculaire au moins dans les zones de sollicitations mécaniques en ténacité et en fatigue.

L'invention a encore pour objet un acier pour la fabrication d'une pièce mécanique par déformation plastique caractérisé en ce que sa composition chimique comprend, outre les inévitables impuretés résiduelles venant de l'élaboration de l'acier, au moins (en teneur pondérale par rapport au fer) :

5 $0,1 \% \leq C \leq 0,5 \%$

$0,5 \% \leq Mn \leq 2,0 \%$

$0,05 \% \leq V \leq 0,5 \%$

$0,6 \% \leq Si \leq 1,5 \%$

$0,05 \% \leq Cr \leq 1,0 \%$

10 $0,01 \% \leq Mo \leq 0,5 \%$

et éventuellement jusqu'à 50 ppm de bore

et en ce que la microstructure métallographique qu'il présentera une fois mis en œuvre est essentiellement composée de ferrite aciculaire au moins dans les zones de la pièce soumises à des sollicitations mécaniques en ténacité et en fatigue.

15 Tant pour ce qui concerne la pièce mécanique que la nuance d'acier définies tous deux ci-avant, afin de faciliter l'obtention de ferrite aciculaire, l'acier comprend en outre de préférence :

$0,02 \% \leq S \leq 0,10 \%$

$5 \text{ ppm} \leq Ca \leq 30 \text{ ppm}$

20 Dans une autre variante de l'invention, pour protéger le vanadium, l'acier contient en outre :

$0,01 \% \leq Ti \leq 0,02 \%$

et / ou jusqu'à 0,20 % d'Al

L'invention a encore pour objet un procédé de fabrication d'une pièce mécanique en 25 acier caractérisé en ce que, dans le but d'obtenir de la ferrite aciculaire au moins localement au sein de ladite pièce, il comprend les étapes suivantes :

- on approvisionne une billette de coulée continue en acier de composition conforme à l'analyse donnée ci-avant, que l'on lamine à chaud à une température supérieure à 1000 °C en barre ou en fil avant d'être refroidie jusqu'à l'ambiante après laminage ;

30 - le fil étant soumis à un refroidissement contrôlé avant sa mise en couronne pour l'obtention d'une structure métallographique composée essentiellement de ferrite aciculaire, fil que l'on découpe alors en lopins et que l'on frappe à froid en pièce finie ;

- la barre étant, elle, refroidie naturellement dans la chaude de laminage avant sa découpe en lopins que l'on forge ensuite à chaud en une ébauche de pièce que l'on refroidit

par refroidissement contrôlé pour l'obtention d'une structure essentiellement composée de ferrite aciculaire au moins dans les zones sollicitées de la pièce, ébauche que l'on usine alors le cas échéant aux côtes souhaitées pour en faire une pièce finie.

5 En variante, le refroidissement contrôlé est un refroidissement naturel jusqu'à l'ambiante. En pratique, en effet, il se trouve que les pièces forgées sont immédiatement entreposées en vrac dans des bennes les unes sur les autres. On comprend que les pièces situées au dessus vont refroidir plus vite que celles situées en dessous. Il n'est donc pas recherché à ce stade un refroidissement contrôlé de chaque pièce, puisque celles-ci vont d'ailleurs le plus souvent être ensuite traitées thermiquement.

10 Dans le procédé selon l'invention en revanche, les pièces peuvent certes refroidir de manière naturelle (c'est à dire sans soufflage d'air), mais ce refroidissement doit néanmoins être contrôlé afin d'assurer la formation massive de ferrite aciculaire. Ce contrôle du refroidissement peut se faire par exemple en déposant les pièces une à une, et éloignées les unes des autres, directement après l'opération de forge sur un tapis roulant, qui les achemine
15 vers l'aire de réception de l'atelier en vue de leur stockage avant expédition.

Toutefois, selon une variante préférée de l'invention, le refroidissement contrôlé est un refroidissement forcé, par exemple à l'air soufflé, assurant une vitesse de refroidissement en surface de 0,5 à 15 °C/s environ.

20 On rappelle que les habitudes de vocabulaire dans la profession sidérurgique font que l'on appelle "fil" les produits laminés sous des diamètres allant jusqu'à 30 mm de diamètre environ (que l'on conditionne souvent sous forme de couronnes), et "barres" ceux laminés à partir de 18 mm de diamètre et qui sont livrés rectilignes après découpe à longueur à la sortie du train.

25 L'invention a enfin pour objet un demi-produit sidérurgique long moyen carbone, destiné à être transformé par forge ou frappe en une pièce mécanique à hautes caractéristiques, de petite taille ou de taille moyenne, caractérisé en ce que l'acier qui le compose répond au moins à l'analyse suivante, donnée en pourcentages pondéraux par rapport au fer :

- 30
- $0,1 \% \leq C \leq 0,5 \%$
 - $0,5 \% \leq Mn \leq 2,0 \%$
 - $0,05 \% \leq V \leq 0,5 \%$
 - $0,6 \% \leq Si \leq 1,5 \%$
 - $0,05 \% \leq Cr \leq 1,0 \%$
 - $0,01 \% \leq Mo \leq 0,5 \%$

et éventuellement jusqu'à 50 ppm de bore

et en ce que la microstructure métallographique qu'il présentera après transformation sera essentiellement composée de ferrite aciculaire au moins dans les zones de la pièce soumises à des sollicitations mécaniques en ténacité et en fatigue.

5 Comme on l'aura compris, l'invention consiste en fait à pouvoir fabriquer une pièce mécanique destinée à travailler en fatigue à partir d'un acier moyen carbone micro-allié au vanadium, afin de disposer d'une microstructure essentiellement composée de ferrite aciculaire au moins dans les zones de la pièce sollicitées mécaniquement en fatigue ou en ténacité. De la sorte, on obtient un acier à ténacité et à résistance à la fatigue améliorées.

10 L'invention sera bien comprise et d'autres aspects et avantages apparaîtront plus clairement au vu de la description détaillée qui suit, donnée à titre d'exemple de réalisation.

On produit à l'aciérie, par coulée continue, des demi-produits longs (billettes ou blooms) issus d'un acier ayant, outre le fer, la composition suivante en teneur pondérale par rapport au fer :

15 De 0,1 à 0,5 % de carbone. A ces teneurs, le carbone permet d'obtenir de bonnes caractéristiques de résistance mécanique ; sa teneur ne doit pas être trop importante pour ne pas favoriser la formation de bainite au lieu de la ferrite aciculaire recherchée.

De 0,05 à 0,5 % de vanadium. Le vanadium permet d'augmenter la taille des domaines bainitiques et de les décaler vers les hautes températures. Il diminue également le
20 domaine d'apparition de la ferrite perlite.

De 0,6 à 1,5 % de silicium. Le silicium sert à désoxyder l'acier. Sa teneur doit toutefois rester inférieure à 1,5 % afin de ne pas fragiliser l'acier. Il joue avec le chrome un rôle dans l'accroissement du domaine bainitique dans lequel se forme la ferrite aciculaire.

De 0,05 à 1,0 % de chrome. Le chrome permet d'ajuster la trempabilité de la nuance.
25 Il agit également avec le silicium afin d'augmenter la plage d'existence de la ferrite aciculaire.

De 0,01 % à 0,5 % de molybdène. Le molybdène contribue à l'obtention de la structure finale par un ajustement de la trempabilité de la nuance. En effet, si la teneur en éléments trempants est trop faible, on obtiendra une structure ferrito-perlitique, et à l'inverse, une nuance trop trempante peut conduire à l'obtention de martensite ou d'austénite résiduelle.

30 De 0,5 à 2,0 % de manganèse. Le manganèse est utilisé pour augmenter la trempabilité de l'acier. Toutefois, sa teneur est préférentiellement inférieure à 2,0 % afin d'éviter sa ségrégation qui nuirait à l'homogénéité de la structure.

Eventuellement jusqu'à 50 ppm de bore. Le bore agit en synergie avec le molybdène pour élargir le domaine bainitique dans lequel se forme la ferrite aciculaire.

Eventuellement de 5 à 30 ppm de calcium. Le calcium permet d'améliorer la coulabilité de l'acier et sa mise en œuvre. Il facilite l'obtention d'inclusions d'oxydes qui peuvent entrer dans le mécanisme de nucléation de la ferrite aciculaire.

5 Eventuellement de 0,01 % à 0,10 % de soufre. Le soufre permet d'améliorer l'usinabilité de l'acier. Il a également un rôle dans le mécanisme de nucléation de la ferrite aciculaire.

Eventuellement jusqu'à 0,20 % d'aluminium pour le contrôle de la taille du grain austénitique, il joue également un rôle dans la protection du vanadium.

10 Eventuellement de 0,01 à 0,02 % de titane afin de protéger les éléments de l'azote, et notamment le vanadium qui sinon formerait des nitrures.

Cette composition optimisée permet à l'acier de présenter, suite à un refroidissement contrôlé, une structure essentiellement composée de ferrite aciculaire. Par essentiellement on comprendra une teneur en ferrite aciculaire de plus de 50 % et de préférence de plus de 60 %, et avantageusement environ 80 % voire plus. Une telle structure métallographique permet à
15 l'acier de présenter de bonnes caractéristiques mécaniques de résistance, dureté et ductilité, mais également une tenue aux chocs et au travail en fatigue accrue.

Comme on va le voir, la ferrite aciculaire est obtenue avant ou après la mise en forme de la pièce, mais en tout cas au moyen d'un refroidissement contrôlé de l'acier.

Dans le premier cas, la déformation se fait à froid sur un acier présentant déjà une
20 structure essentiellement composée de ferrite aciculaire. On approvisionne un demi-produit long constitué d'un acier d'analyse conforme à l'invention que l'on lamine à chaud, au besoin après un réchauffage au-dessus de 1100 °C, selon la pratique habituelle du laminage à chaud, jusqu'à l'obtention d'un fil laminé de 10 mm de diamètre par exemple. La température de
25 dépose du fil est de l'ordre de 900 à 950 °C. Le fil laminé obtenu est refroidi à l'air soufflé dans la "chaude" de laminage elle-même de la manière habituelle (procédé "stelmor" par exemple). Si son diamètre le permet, le fil peut également être refroidi de manière naturelle jusqu'à l'air ambiant.

Le fil laminé est livré sous forme de couronne au transformateur qui va le découper en lopins de longueur voulue et les soumettre à une frappe à froid pour l'obtention des pièces
30 désirées. Les caractéristiques mécaniques finales sont naturellement obtenues par l'écrouissage résultant de la mise en forme.

Dans le second cas, la déformation plastique se fait "à chaud" et la structure métallographique est obtenue directement sur les ébauches de forge. On approvisionne un demi-produit long constitué d'un acier d'analyse conforme à l'invention qu'on lamine à chaud

jusqu'à lui donner un diamètre de 35 mm par exemple. Après refroidissement éventuel, qui n'a pas besoin à ce niveau d'être contrôlé, la barre est mise à longueur par découpe et livrée au forgeron.

Les barres sont alors débitées en lopins. Chaque lopin est porté à une température d'au moins 1100°C au moyen d'un four à induction. Ce chauffage peut également se faire plus classiquement mais les conditions de chauffage (temps, vitesse de chauffe, etc...) doivent alors être optimisées pour obtenir une structure austénitique homogène présentant une taille de grain favorable à la formation de la ferrite aciculaire. La taille des grains austénitiques est alors estimée à 80 µm. Les lopins sont soumis à une opération de déformation plastique à chaud. Le forgeage se termine à une température supérieure à 1100°C. Les ébauches de pièces ainsi obtenues subissent ensuite un refroidissement forcé jusqu'à la température ambiante à une vitesse de refroidissement comprise entre 0,5 et 15 °C/s environ, en fonction du diamètre de la pièce et de l'optimisation de la composition de l'acier. La pièce peut également être refroidie de manière naturelle mais contrôlée, en plaçant les ébauches en sortie de forge une à une sur un tapis roulant par exemple. La pièce est alors usinée pour respecter les cotes finales visées. Eventuellement, au lieu de l'usinage, l'ébauche peut être soumise à une deuxième déformation plastique. Cette opération complémentaire peut être menée à froid sans risquer de fissurer la pièce du fait du caractère ductile donné par la micro-structure à l'acier. Il n'est pas nécessaire de mettre en œuvre un traitement thermique de trempe et revenu pour obtenir les caractéristiques mécaniques visées.

La nuance d'acier conforme à l'invention permet d'obtenir une pièce de structure métallographique essentiellement composée de ferrite aciculaire. Elle présente les caractéristiques mécaniques de résistance à la rupture et de dureté requises par ses propriétés d'emploi, et répond aux exigences d'usinabilité. En outre elle présente une ténacité accrue de par sa structure même dont l'enchevêtrement des lattes sert d'obstacle à l'apparition et à la propagation des fissures. Cette ténacité lui permet de présenter une meilleure résistance aux chocs et une meilleure tenue à la fatigue. De plus, elle autorise également une seconde mise en forme à froid par frappe par exemple. L'obtention de ferrite aciculaire permet également d'accroître la résistance mécanique de la nuance par la forte densité de dislocation de ses lattes.

Des essais ont été effectués dans les laboratoires du producteur de demi-produits pour forge venant de la coulée continue. Un moyeu de roue y a été forgé à partir d'un acier selon l'invention dont la composition chimique, outre le fer et les impuretés résultant de l'élaboration, répond à l'analyse suivante :

| % C | % Mn | % V | % Si | % Cr | % Mo | ppm B | % S | ppm Ca | % Ti | % Al |
|------|------|------|------|------|------|-------|------|--------|-------|------|
| 0,31 | 1,33 | 0,12 | 1,18 | 0,28 | 0,03 | 20 | 0,04 | 11 | 0,015 | 0,02 |

Avant le forgeage, ce lopin a été chauffé à 1200°C par induction. La température de fin de forgeage est de 1100°C. Après forgeage l'ébauche est refroidie à une vitesse de 2°C/s directement dans la chaude. Aucun autre traitement thermique n'est appliqué.

La structure obtenue sur ce moyeu d'essai est à 80 % de la ferrite aciculaire, il
5 présente en outre les caractéristiques mécaniques suivantes :

| R _m (MPa) | R _{p0.2} (MPa) | Dureté (HV) | A (%) | Z (%) |
|----------------------|-------------------------|-------------|-------|-------|
| 1150 | 800 | 300 | 11 | 25 |

On rappelle que :

- R_m représente la résistance à la rupture correspondant à la force maximale avant rupture rapportée à la section initiale du fil.
- R_{p0.2} représente la limite d'élasticité conventionnelle correspondant à la force rapportée à
10 la section initiale du fil provoquant un allongement plastique de 0,2 %.
- A représente l'allongement à la rupture.
- Z représente la striction correspondant à la réduction de section du fil après rupture.

Il va de soi que l'invention ne saurait se limiter à l'exemple qui vient d'être décrit, moyeu de roue, mais qu'elle s'étend à de multiples variantes ou équivalents, en type de pièces
15 et en taille et dimension, dans la mesure où est respectée sa définition donnée dans les revendications jointes.

REVENDICATIONS

5

1 – Pièce mécanique en acier issue de la forge à chaud ou de la frappe à froid, de taille moyenne ou petite, et venant de la transformation plastique d'un demi-produit sidérurgique long, caractérisée en ce que sa microstructure métallographique est essentiellement composée de ferrite aciculaire.

10

2 – Pièce mécanique en acier selon la revendication 1 caractérisée en ce que :

- la composition dudit acier, outre le fer et les inévitables impuretés résiduelles résultant de l'élaboration de l'acier, répond au moins à l'analyse suivante, donnée en pourcentages pondéraux par rapport au fer :

15

$$0,1 \% \leq C \leq 0,5 \%$$
$$0,5 \% \leq Mn \leq 2,0 \%$$
$$0,05 \% \leq V \leq 0,5 \%$$
$$0,6 \% \leq Si \leq 1,5 \%$$
$$0,05 \% \leq Cr \leq 1,0 \%$$

20

$$0,01 \% \leq Mo \leq 0,5 \%$$

et éventuellement jusqu'à 50 ppm de bore

- ladite pièce de taille moyenne ou petite est obtenue à partir d'un demi produit long issu de la coulée continue et laminé à chaud dans le domaine austénitique puis mis en forme par déformation plastique et traité thermiquement pour obtenir une structure métallographique contenant essentiellement de la ferrite aciculaire au moins dans les zones de sollicitations mécaniques en ténacité et en fatigue.

25

3 – Pièce mécanique selon la revendication 2 caractérisée en ce que, afin de faciliter l'obtention de ferrite aciculaire, l'acier qui la compose comprend en outre :

30

$$0,02 \% \leq S \leq 0,10 \%$$
$$5 \text{ ppm} \leq Ca \leq 30 \text{ ppm}$$

4 – Pièce mécanique selon la revendication 2 ou 3 caractérisée en ce que, pour protéger le vanadium, l'acier qui la compose contient en outre :

REVENDICATIONS

5

1 – Pièce mécanique en acier issue de la forge à chaud ou de la frappe à froid, de taille moyenne ou petite, et venant de la transformation plastique d'un demi-produit sidérurgique long, caractérisée en ce que sa microstructure métallographique est essentiellement composée de ferrite aciculaire.

10

2 – Pièce mécanique en acier selon la revendication 1 caractérisée en ce que :

- la composition dudit acier, outre le fer et les inévitables impuretés résiduelles résultant de l'élaboration de l'acier, répond au moins à l'analyse suivante, donnée en pourcentages pondéraux par rapport au fer :

15

$$0,1 \% \leq C \leq 0,5 \%$$
$$0,5 \% \leq Mn \leq 2,0 \%$$
$$0,05 \% \leq V \leq 0,5 \%$$
$$0,6 \% \leq Si \leq 1,5 \%$$
$$0,05 \% \leq Cr \leq 1,0 \%$$

20

$$0,01 \% \leq Mo \leq 0,5 \%$$

et éventuellement jusqu'à 50 ppm de bore

- ladite pièce de taille moyenne ou petite est obtenue à partir d'un demi produit long issu de la coulée continue et laminé à chaud dans le domaine austénitique puis mis en forme par déformation plastique et traité thermiquement pour obtenir une structure métallographique contenant essentiellement de la ferrite aciculaire au moins dans les zones de sollicitations mécaniques en ténacité et en fatigue.

25

3 – Pièce mécanique selon la revendication 2 caractérisée en ce que, afin de faciliter l'obtention de ferrite aciculaire, l'acier qui la compose comprend en outre :

30

$$0,02 \% \leq S \leq 0,10 \%$$
$$5 \text{ ppm} \leq Ca \leq 30 \text{ ppm}$$

4 – Pièce mécanique selon la revendication 2 ou 3 caractérisée en ce que, pour protéger le vanadium, l'acier qui la compose contient en outre :

$0,01 \% \leq \text{Ti} \leq 0,02 \%$
et / ou jusqu'à 0,20 % d'Al

5 - Acier pour la fabrication d'une pièce mécanique par déformation plastique
5 caractérisé en ce que sa composition chimique comprend, outre les inévitables impuretés résiduelles venant de l'élaboration de l'acier, au moins (en teneur pondérale par rapport au fer) :

$0,1 \% \leq \text{C} \leq 0,5 \%$
 $0,5 \% \leq \text{Mn} \leq 2,0 \%$
10 $0,05 \% \leq \text{V} \leq 0,5 \%$
 $0,6 \% \leq \text{Si} \leq 1,5 \%$
 $0,05 \% \leq \text{Cr} \leq 1,0 \%$
 $0,01 \% \leq \text{Mo} \leq 0,5 \%$

et éventuellement jusqu'à 50 ppm de bore

15 et en ce que la microstructure métallographique qu'il présentera une fois mis en œuvre est essentiellement composée de ferrite aciculaire au moins dans les zones de la pièce soumises à des sollicitations mécaniques en ténacité et en fatigue.

6 - Acier selon la revendication 5 caractérisé en ce que, afin de faciliter l'obtention
20 de ferrite aciculaire, il comprend en outre :

$0,02 \% \leq \text{S} \leq 0,10 \%$
 $5 \text{ ppm} \leq \text{Ca} \leq 30 \text{ ppm}$

7 - Acier selon la revendication 5 ou 6 caractérisé en ce que, pour protéger le
25 vanadium, il contient en outre :

$0,01 \% \leq \text{Ti} \leq 0,02 \%$
et / ou jusqu'à 0,20 % d'Al

8 - Procédé de fabrication d'une pièce mécanique en acier caractérisé en ce que,
30 dans le but d'obtenir de la ferrite aciculaire au moins localement au sein de ladite pièce, il comprend les étapes suivantes :

- on approvisionne une billette de coulée continue en acier de composition conforme à l'analyse donnée ci-avant, que l'on lamine à chaud à une température supérieure à 1000 °C en barre ou en fil avant d'être refroidie jusqu'à l'ambiante après laminage ;

$0,01 \% \leq \text{Ti} \leq 0,02 \%$
et / ou jusqu'à 0,20 % d'Al

5 - Acier pour la fabrication d'une pièce mécanique par déformation plastique, caractérisé en ce dans le but que ladite pièce présente une microstructure métallographique essentiellement composée de ferrite aciculaire au moins dans les zones soumises à des sollicitations mécaniques en ténacité et en fatigue, sa composition chimique comprend, outre les inévitables impuretés résiduelles venant de l'élaboration de l'acier, au moins (en teneur pondérale par rapport au fer) :

10 $0,1 \% \leq \text{C} \leq 0,5 \%$
 $0,5 \% \leq \text{Mn} \leq 2,0 \%$
 $0,05 \% \leq \text{V} \leq 0,5 \%$
 $0,6 \% \leq \text{Si} \leq 1,5 \%$
 $0,05 \% \leq \text{Cr} \leq 1,0 \%$
15 $0,01 \% \leq \text{Mo} \leq 0,5 \%$
et éventuellement jusqu'à 50 ppm de bore.

6 - Acier selon la revendication 5 caractérisé en ce que, afin de faciliter l'obtention de ferrite aciculaire, il comprend en outre :

20 $0,02 \% \leq \text{S} \leq 0,10 \%$
 $5 \text{ ppm} \leq \text{Ca} \leq 30 \text{ ppm}$

7 - Acier selon la revendication 5 ou 6 caractérisé en ce que, pour protéger le vanadium, il contient en outre :

25 $0,01 \% \leq \text{Ti} \leq 0,02 \%$
et / ou jusqu'à 0,20 % d'Al

8 - Procédé de fabrication d'une pièce mécanique en acier caractérisé en ce que, dans le but d'obtenir de la ferrite aciculaire au moins localement au sein de ladite pièce, il comprend les étapes suivantes :

30 - on approvisionne une billette de coulée continue en acier de composition selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, que l'on lamine à chaud à une température supérieure à 1000 °C en barre ou en fil avant d'être refroidie jusqu'à l'ambiante après laminage :

- le fil étant soumis à un refroidissement contrôlé avant sa mise en couronne pour l'obtention d'une structure métallographique composée essentiellement de ferrite aciculaire, fil que l'on découpe alors en lopins et que l'on frappe à froid en pièce finie ;

- la barre étant, elle, refroidie naturellement dans la chaude de laminage avant sa découpe en lopins que l'on forge ensuite à chaud en une ébauche de pièce que l'on refroidit par refroidissement contrôlé pour l'obtention d'une structure essentiellement composée de ferrite aciculaire au moins dans les zones sollicitées de la pièce, ébauche que l'on usine alors le cas échéant aux côtes souhaitées pour en faire une pièce finie.

9 – Procédé selon la revendication 8 caractérisé en ce que le refroidissement contrôlé est un refroidissement naturel jusqu'à l'ambiante.

10 – Procédé selon la revendication 8 caractérisé en ce que le refroidissement contrôlé est un refroidissement forcé assurant une vitesse de refroidissement en surface de 0,5 à 15 °C/s environ.

11 – Demi-produit sidérurgique long moyen carbone, destiné à être transformé par forge ou par frappe en une pièce mécanique à hautes caractéristiques, de petite taille ou de taille moyenne, caractérisé en ce que l'acier qui le compose répond au moins à l'analyse suivante, donnée en pourcentages pondéraux par rapport au fer :

$$0,1 \% \leq C \leq 0,5 \%$$

$$0,5 \% \leq Mn \leq 2,0 \%$$

$$0,05 \% \leq V \leq 0,5 \%$$

$$0,6 \% \leq Si \leq 1,5 \%$$

$$0,05 \% \leq Cr \leq 1,0 \%$$

$$0,01 \% \leq Mo \leq 0,5 \%$$

et éventuellement jusqu'à 50 ppm de bore,

et en ce que la microstructure métallographique qu'il présentera après transformation sera essentiellement composée de ferrite aciculaire au moins dans les zones de la pièce soumises à des sollicitations mécaniques en ténacité et en fatigue.

- le fil étant soumis à un refroidissement contrôlé avant sa mise en couronne pour l'obtention d'une structure métallographique composée essentiellement de ferrite aciculaire, fil que l'on découpe alors en lopins et que l'on frappe à froid en pièce finie ;

5 - la barre étant, elle, refroidie naturellement dans la chaude de laminage avant sa découpe en lopins que l'on forge ensuite à chaud en une ébauche de pièce que l'on refroidit par refroidissement contrôlé pour l'obtention d'une structure essentiellement composée de ferrite aciculaire au moins dans les zones sollicitées de la pièce, ébauche que l'on usine alors le cas échéant aux côtes souhaitées pour en faire une pièce finie.

10 9 – Procédé selon la revendication 8 caractérisé en ce que le refroidissement contrôlé est un refroidissement naturel jusqu'à l'ambiante.

15 10 – Procédé selon la revendication 8 caractérisé en ce que le refroidissement contrôlé est un refroidissement forcé assurant une vitesse de refroidissement en surface de 0,5 à 15 °C/s environ.

20 11 – Demi-produit sidérurgique long moyen carbone, destiné à être transformé par forge ou par frappe en une pièce mécanique à hautes caractéristiques, de petite taille ou de taille moyenne, caractérisé en ce que dans le but que ladite pièce présente une microstructure métallographique essentiellement composée de ferrite aciculaire au moins dans les zones de la pièce soumises à des sollicitations mécaniques en ténacité et en fatigue, l'acier qui le compose répond au moins à l'analyse suivante, donnée en pourcentages pondéraux par rapport au fer :

$0,1 \% \leq C \leq 0,5 \%$

$0,5 \% \leq Mn \leq 2,0 \%$

25 $0,05 \% \leq V \leq 0,5 \%$

$0,6 \% \leq Si \leq 1,5 \%$

$0,05 \% \leq Cr \leq 1,0 \%$

$0,01 \% \leq Mo \leq 0,5 \%$

et éventuellement jusqu'à 50 ppm de bore.

30



26 bis, rue de Saint Pétersbourg - 75800 Paris Cedex 08

Pour vous informer : INPI DIRECT

☎ 0 825 83 85 87

0,15 € TTC/mn

Télécopie : 33 (0)1 53 04 52 65

BREVET D'INVENTION**CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

**DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S)** Page N° 1. / 1

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 @ W / 210103



| | | |
|--|----------------------|-------------------------|
| Vos références pour ce dossier (facultatif) | | IU 04-02 |
| N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL | | 04 22864 |
| TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) | | |
| Pièce mécanique de taille moyenne ou petite issue de la forge ou de la frappe. | | |
| LE(S) DEMANDEUR(S) : | | |
| ISPAT-UNIMETAL | | |
| DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : | | |
| 1 | Nom | PERROT-SIMONETTA |
| | Prénoms | Marie-Thérèse |
| Adresse | Rue | 1, allée Gabriel PIERNÉ |
| | Code postal et ville | 51713110 MONTREQUIENNE |
| Société d'appartenance (facultatif) | | |
| 2 | Nom | CONFENTE |
| | Prénoms | Mario |
| Adresse | Rue | 1, rue des plantes |
| | Code postal et ville | 517101510 PLAPPEVILLE |
| Société d'appartenance (facultatif) | | |
| 3 | Nom | |
| | Prénoms | |
| Adresse | Rue | |
| | Code postal et ville | |
| Société d'appartenance (facultatif) | | |
| S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages. | | |
| DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) | | |
| Le 17 mars 2004 Roger VENTAVOLI (CPI n° 97-0305) | | |
| ROVE Conseils 47, Rue de Paris - B.P. 50229 F - 57106 THIONVILLE CEDEX Tél. 03 82 53 42 42 - Fax 03 82 53 79 13 E-mail : rove@wanadoo.fr | | |

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

